

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-103064

(43)Date of publication of application : 09.04.2002

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

B22D 11/06

(21)Application number : 2000-288425

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 22.09.2000

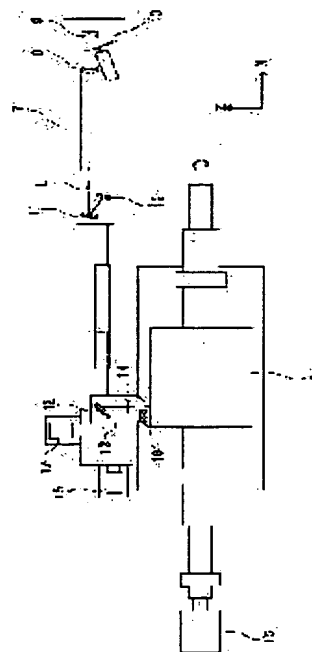
(72)Inventor : HAMADA NAOYA  
SEKI KAZUMI  
YAMAMURA HIDEAKI  
KURUSU YASUSHI  
MARUKI YASUO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR MACHINING DIMPLE ON DRUM FOR CONTINUOUS CASTING MACHINE OF THIN CAST METAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and an apparatus for machining the surface of a cooling drum for a continuous casting machine of thin cast piece, which enables stable casting of a thin cast metal in which two primary defects of a thin plate product, surface crack and uneven brightness, are simultaneously suppressed.

SOLUTION: The method and the device for machining dimples on the surface of a cooling drum for a continuous casting machine of thin cast metal are characterized in that the surface of the drum is irradiated with a Q-switched CO<sub>2</sub> pulse laser beam and small holes whose diameter is 50 to 200  $\mu\text{m}$  and depth is 50  $\mu\text{m}$  or larger are formed spaced with a pitch of 100 to 500  $\mu\text{m}$  under the condition that the holes do not come in contact with each other, the pulse energy of the Q-switched CO<sub>2</sub> pulse laser beam is 40 to 150 mJ, the full width of time is 30 to 50  $\mu\text{sec}$ , and the converged diameter of the laser beam is 50 to 150  $\mu\text{m}$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3422979

[Date of registration] 25.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision]

BEST AVAILABLE COPY

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-103064  
(P2002-103064A)

(43)公開日 平成14年4月9日(2002.4.9)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-コ-ト*(参考)
B 2 3 K 26/00		B 2 3 K 26/00	J 4 E 0 0 4
B 2 2 D 11/06	3 3 0	B 2 2 D 11/06	3 3 0 B 4 E 0 6 8

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-288425(P2000-288425)

(22)出願日 平成12年9月22日(2000.9.22)

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 浜田 直也

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
会社技術開発本部内

(72)発明者 関 和己

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
会社技術開発本部内

(74) 代理人 100091269

弁理士 半田 昌男

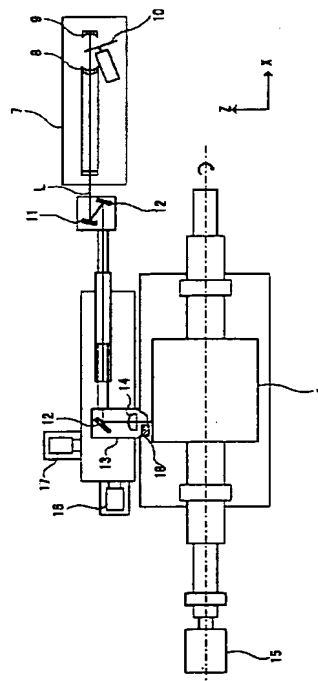
**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 薄鉄片連続鍛造機用ドラムのディンプル加工方法および装置

(57) 【要約】

【課題】薄板製品の二大欠陥である表面割れと光沢むらの発生を同時に抑制した薄鋳片を安定に鋳造し得る薄鋳片連続鋳造機用冷却ドラムの表面加工方法ならびに加工装置を提供する。

【解決手段】ドラム表層にＱスイッチＣＯ２レーザパルス照射し、直径が５０～２００μｍ、深さが５０μｍ以上の微小穴を穴相互間が接しない条件下でピッチが１００～５００μｍとなるよう形成し、ＱスイッチＣＯ２レーザパルスのパルスエネルギーが４０～１５０ｍＪ、時間全幅が３０～５０μｓｅｃであり、レーザビーム集光直径を５０～１５０μｍとすることを特徴とする薄鉄片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法および装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに反対方向に回転する一対の冷却ドラムの間隙の上部に形成された湯溜まり部に、溶湯を連続的に供給して薄鋳片を連続製造するための薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法において、該ドラム表層にQスイッチCO<sub>2</sub>レーザパルス照射し、直径が50～200 $\mu$ m、深さが50 $\mu$ m以上の微小穴を穴相互間が接しない条件下でピッチが100～500 $\mu$ mとなるよう形成する際に、QスイッチCO<sub>2</sub>レーザパルスのパルスエネルギーが40～150mJ、時間全幅が30～50 $\mu$ secであり、レーザビーム集光直径を50～150 $\mu$ mとすることを特徴とする薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法。

【請求項2】 請求項1記載の薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法において、レーザ加工を施す前のドラム表面に直径が200～3000 $\mu$ m、深さが80～250 $\mu$ mで互いに接するか重なりを持つ条件の窪みを形成することを特徴とする薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法。

【請求項3】 請求項1記載の薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法において、レーザ加工を施す前のドラム表面が平滑な曲面であることを特徴とする薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法。

【請求項4】 請求項2又は請求項3記載の薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法において、該ドラムがドラム表面にNi、Ni-Co、Ni-Co-W、Ni-Fe、Ni-W、Co、Ni-Al、Crのいずれかまたはこれらの組合せをめっきしたドラムであり、該めっきをレーザディンプル加工前もしくはレーザディンプル加工後に施すことを特徴とする薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工方法。

【請求項5】 薄鋳片連続製造機用ドラムを予め定められた一定速度で回転させるドラム回転装置と、パルスエネルギーが50～150mJ、時間全幅が30～50 $\mu$ secのパルスを6kHz以上のパルス繰り返し周波数で出力するQスイッチCO<sub>2</sub>レーザ発振器と、該発振器から出力されたレーザビームを該ドラム回転軸長方向へ走査する光走査装置と、レーザビーム集光直径を50～150 $\mu$ mに集光照射するための集光装置と、ドラムクラウンをオンラインで計測しその信号に基づき前記集光装置とドラム表面との間隙を一定に制御する微細制御装置を備え、該ドラム全面に亘って一定の直径ならびに深さの穴を一定の間隔で加工することを特徴とする薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は普通鋼、ステンレス鋼、合金鋼、珪素鋼およびその他の金属の溶湯から直接に薄肉鋳片を製造する双ドラム式連続製造機の冷却ドラムにディンプル加工を施す方法およびそれを達成するた

めの装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 連続製造によってホットストリップと同等かそれに近い厚さの鋳片を製造する装置として、例えば双ドラム式連続製造装置が知られている。この装置は、図7に示すように、軸を水平にし互いに接近して並行に設置され、且つ互いに逆方向に回転する一対の冷却ドラム1、1'と、冷却ドラム1、1'の両端面に圧着されたサイド堰2とを主要な構成部材としている。

【0003】 冷却ドラム1、1'とサイド堰2とで形成された湯溜まり部3の上方にはシールチャンバー4が設けられ、シールチャンバー4内には不活性ガスが供給される。湯溜まり部3にタンディッシュ5から溶湯を連続的に供給することにより、溶湯は冷却ドラム1との接触部で凝固シェルを形成し、凝固シェルは冷却ドラム1、1'の回転に伴ってキッシングポイント6で圧着され薄鋳片Cとなる。

【0004】 薄鋳片Cは板厚が1～7mm程度と薄いため、その表面は凝固シェルの形成状態の影響を著しく受け、急冷による凝固シェル厚の不均一等により表面割れや光沢むらが発生するという問題がある。表面割れの発生を防止するために、冷却ドラム周囲のNiめっき部分にショットブラスト、フォトリソ、レーザ加工等により多数の窪みを設ける技術が、例えば特開昭60-184449号公報に開示されている。この窪みによって冷却ドラムと凝固シェルとの間に断熱層となるガスギャップを形成することで溶湯の緩慢な冷却を行い、また窪みに溶湯を適度に入り込ませて鋳片表面に凸転写を形成させ、凸転写の周縁から凝固を開始させることで凝固シェル厚の均一化を図るものである。しかしながら、湯だまり部に注入された熔融金属（溶湯）の表面に浮遊する酸化皮膜（スカム）が、冷却ドラムの回転とともに、流れ込む溶湯に付随して引き込まれ、鋳片の凝固シェルの表面に付着して製造される場合があり、この結果、薄肉鋳片のスカム流入部と健全部との間に凝固不均一が生じて割れが発生し、鋳片の品質が損なわれるという問題点があった。

【0005】 このような問題点に対応するため、特開平4-238651号公報、特開平6-328204号公報に2種類の大きさの窪みを組み合わせて導入することにより、小さい径の窪みによって製品表面割れを防止し、大きい径の窪みによって光沢むらを防止する冷却ドラム構造が提示されている。しかしながら、本願発明者による実験研究の結果、開示されている窪みの組合せ条件では上記の二種の機能を同時に満足させることが困難であることが判明した。

【0006】 次に薄鋳片連続製造機用ドラムのディンプル加工にレーザを用いる方法として、特許第2032085号公報において、波長0.30～1.07 $\mu$ mのパルスレーザを用いて径500 $\mu$ m以下、深さ50 $\mu$ m以

上、穴ピッチが穴径の1.05倍以上5倍以下の穴を形成する方法が開示されている。この中の実施例を参照すると、パルス繰り返し周波数500HzのYAGレーザ4台を用い、穴ピッチが200~250 $\mu$ mの例が開示されている。ここで冷却ドラムの形状を仮に1m直径、1m幅と仮定し、200 $\mu$ mピッチで穴を導入すると、全体で約8000万個の穴加工を実施することになる。このような加工を行うためのYAGレーザの励起には一般にパルス発光するフラッシュランプが用いられるが、その寿命は100~1000万パルスである。したがって、たとえ4台のYAGレーザを用いて加工を行っても、ランプ寿命の内でも全面を加工することは不可能となり、途中で一端加工を停止しランプ交換を行わねばならない。この際に、停止部位において加工の非連続性が発現するため、このような冷却ドラムを用いて鑄造を行うと、この非連続部位において割れが発生するという問題点があった。この方式ではレーザの台数を例えば4台から10台に増加すれば上記のような問題点は解決可能であるが、加工装置が大がかりとなりかつ複雑化するという問題点がある。

【0007】上記に示したような問題点に対処するため、一般にQスイッチCO<sub>2</sub>レーザを用いる加工方法として冷延ロールのダル加工方法が特許第3027695号公報に、また銅合金の加工方法が特開平8-309571号公報に開示されている。これらにおいてはパルス全幅が30 $\mu$ secまでの初期スパイクとパルステールを有するQスイッチCO<sub>2</sub>レーザパルスを用い、穴加工を実現する方法が開示されているが、穴深さはいずれも40 $\mu$ m程度を上限として発明されたものである。一方、本願においては表面割れと光沢むらを防止するための要件としては深さ50 $\mu$ m以上の穴の形成が必要であることから、公知内容では本願目的に合致した穴加工が実現できないという問題点があった。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題とするところは、上述の従来技術における問題点である薄板製品の二大欠陥である表面割れと光沢むらの発生を同時に抑制した薄鋳片を長期間に亘って安定に鑄造し得る冷却ドラムを提供し得る技術を実現することにあり、そのための薄鋳片連続鑄造機用ドラムのレーザディンプル加工方法ならびに装置を提供するものである。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題は、以下の

(1)~(5)の発明により解決する。

【0010】(1)、互いに反対方向に回転する一対の冷却ドラムの間隙の上部に形成された湯溜まり部に、溶湯を連続的に供給して薄鋳片を連続鑄造するための薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法において、該ドラム表層にQスイッチCO<sub>2</sub>レーザパルスを照射し、直径が50~200 $\mu$ m、深さが50 $\mu$ m以上の微小

穴を穴相互間が接しない条件下でピッチが100~500 $\mu$ mとなるよう形成する際に、QスイッチCO<sub>2</sub>レーザパルスのパルスエネルギーが40~150mJ、時間全幅が30~50 $\mu$ secであり、レーザビーム集光直径を50~150 $\mu$ mとすることを特徴とする薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法。

【0011】(2)、(1)項記載の薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法において、レーザ加工を施す前のドラム表面に直径が200~3000 $\mu$ m、深さが80~250 $\mu$ mで互いに接するか重なりを持つ条件の窪みを形成することを特徴とする薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法。

【0012】(3)、(1)項記載の薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法において、レーザ加工を施す前のドラム表面が平滑な曲面であることを特徴とする薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法。

【0013】(4)、(2)又は(3)項記載の薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法において、該ドラムがドラム表面にNi、Ni-Co、Ni-Co-W、Ni-Fe、Ni-W、Co、Ni-Al、Crのいずれかまたはこれらの組合せをめっきしたドラムであり、該めっきをレーザディンプル加工前もしくはレーザディンプル加工後に施すことを特徴とする薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法。

【0014】(5)、薄鋳片連続鑄造機用ドラムを予め定められた一定速度で回転させるドラム回転装置と、パルスエネルギーが50~150mJ、時間全幅が30~50 $\mu$ secのパルスを6kHz以上のパルス繰り返し周波数で出力するQスイッチCO<sub>2</sub>レーザ発振器と、該発振器から出力されたレーザビームを該ドラム回転軸長方向へ走査する光走査装置と、レーザビーム集光直径を50~150 $\mu$ mに集光照射するための集光装置と、ドラムクラウンをオンラインで計測しその信号に基づき前記集光装置とドラム表面との間隙を一定に制御する倣い制御装置を備え、該ドラム全面に亘って一定の直径ならびに深さの穴を一定の間隔で加工することを特徴とする薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工装置。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】(A)冷却ドラム表面形状と材質の根拠

まず、ディンプル加工穴の構成要件とその規定理由について詳細に説明する。一般に従来の技術項に記述したごとく、酸化物(スカム)が冷却ドラムの回転とともに、流れ込む溶湯に付随して引き込まれ、鋳片の凝固シェルの表面に付着して鑄造される場合には、薄肉鋳片のスカム流入部と健全部との間に凝固不均一が生じて割れやむらが発生する可能性がある。そこで、本願発明者らは詳細にわたる実験研究を遂行した結果、ディンプル加工穴を特定条件で導入することにより、スカムが流入した箇所においても凝固不均一が発生しないことが判明した。

本願発明者らはスカムが溶湯と冷却ドラムとの間に流入した場合に発生する凝固不均一は、スカムの熱伝導率の違いよりも、流入時に巻き込まれて生成する空気層の存在に起因することを見出した。この際に溶湯やスカムが表面張力によって流れ込まない程度のディンプル加工穴が表面に存在すると、前記空気はこの穴部分に集約され空気層の形成が発生しない。したがって、たとえスカムが流入しても凝固不均一の発生が抑制される。さらにディンプル加工穴が存在することによって凝固核の発生を細かい間隔で規定することが可能になるため、割れ・むらの発生を確実に抑制することができる。このような機能を達成するためのディンプル加工穴の要件としては、まず溶湯やスカムが流れ込まないための穴直径の上限値として200 $\mu\text{m}$ 以下であることが要求される。さらに空気が巻き込まれた際に有効にディンプル加工穴に集約するための要件として穴直径の最小値が規定され、これは50 $\mu\text{m}$ である。さらに微小穴相互間隔は空気を有効に集約するため穴相互が接しない条件であることが必要で、凝固核発生を確実に規定するため穴相互の中心間ピッチは100～500 $\mu\text{m}$ であることが要求される。また空気の集約機能を有効に発揮させかつ、凝固核発生を明確に規定するためには深さとして50 $\mu\text{m}$ 以上が必要である。

【0016】以上に示したディンプル加工穴が冷却ドラム上に全面にわたって均一に導入されていれば、割れ・むらの発生は有効に抑制できるので、ディンプル加工前のドラム表面は平滑な面で良い。一方、何らかの外的な変動要因（例えばレーザ加工時の走査速度変動など）でこのような加工の均一性が損なわれる可能性がある。このような場合には、以上に示したディンプル加工穴の導入に先立って、特定条件の窪みを設けることが有効であることが判明した。以下では、この窪みの導入要件について詳細に説明する。ドラム表面にはまず1mmオーダーの長周期の凹凸（窪み）がショットブラスト法などによって全面に亘って導入される。このような窪みをつけた冷却ドラムを用いて溶湯を鑄造すると、まず窪み凸部に溶湯が接触して凝固核の生成が起こり窪み凹部では鑄片表面との間にガスギャップが生成して凝固核の生成は遅れる。窪み凸部での凝固核の発生によって凝固収縮応力は分散、緩和され、割れの発生は抑制される。このような目的を達成するためには、窪み凸部が明確に規定される必要があり、このため窪みは互いに接するか重なりを持つ条件で形成する必要がある。これは窪みが接しない条件で形成されると、元々の表面の平滑な部分が上記窪み凸部と同様な働きを行い、凝固核の発生を明確に規定できなくなるためである。窪み直径は窪み凹部での凝固遅れに伴って発生する凝固収縮応力に起因する割れ発生との関係で規定され3000 $\mu\text{m}$ 以下である必要がある。またこの下限値は上記ディンプル加工穴の直径との関係で規定され、ディンプル加工穴径以上である要件か

ら200 $\mu\text{m}$ となる。窪み深さは上記ガスギャップを生成させるため80 $\mu\text{m}$ 以上の値が要求される。また深さが大きすぎると凹部のガスギャップの厚みが増大し、凹部の凝固シェルの生成が大きく遅れ、凸部の凝固シェルとの間の厚みの不均一が拡大して割れが発生するため250 $\mu\text{m}$ 以下である必要がある。以上の説明に示した窪みをディンプル加工穴と重畳して形成することによって、ディンプル加工穴の空間分布に不均一性が発生した箇所においても、この窪みの効果によって割れ・むらの発生がより確実に抑制できる。

【0017】次に冷却ドラム表面の材質要件に関する根拠を詳細に説明する。薄鑄片の鑄造において冷却ドラムが回転するとドラム表面は湯溜まりを通過した後、気体雰囲気さらにさらされるため、一定周期の熱サイクルを受けると共に表面に酸化物を形成する。このような酸化物層は冷却時の拔熱抵抗となるため、気体雰囲気中においてブラッシングなどの手法によって確実に除去しなくてはならない。そのため、表層材質としては熱疲労に強いと共に耐摩耗性に優れた材質が要求される。このような特性を実現するためのパラメータとしては表面硬度が代表値として選択可能で、この場合ビッカース硬度が200以上という値となる。この要件を満たす材質としては、Ni、Ni-Co、Ni-Co-W、Ni-Fe、Ni-W、Co、Ni-Al、Crのいずれかが選択される。なお、冷却ドラムとしては拔熱能に優れる必要があるためドラム母材としては熱伝導性に優れた銅もしくは銅合金が用いられる。そのため上記の材質は母材との結合力や強度の観点からめっきで被覆する。まためっきは単層もしくは複数種を多層めっきすることも考えられる。さらにめっきのタイミングはレーザディンプル加工の前に行う場合と、レーザディンプル加工後に薄膜めっきを施す場合が考えられ、レーザ加工性と表面の耐摩耗性との兼ね合いから適宜選択する。

【0018】(B)レーザディンプル加工方法を実現するレーザパルス要件の根拠  
以下に上記(1)項で詳述したディンプル加工穴を形成するためのレーザパルスの要件の根拠について詳細に説明する。図3は回転チョップQスイッチ手法によって取り出されたCO<sub>2</sub>レーザパルスの典型的な時間波形を示したものである。CO<sub>2</sub>レーザにおいては、発振効率を改善するため分子振動準位の内、上準位のエネルギーレベルがCO<sub>2</sub>のそれに比較的近いN<sub>2</sub>をレーザ媒質に加えている。このN<sub>2</sub>の存在が放電励起の際のエネルギー蓄積媒質として動作するため、回転チョップなどによってQスイッチ動作を行わせると、固体レーザにおけるジャイアントパルスに相当する「初期スパイク部分」に加えて、N<sub>2</sub>分子からCO<sub>2</sub>分子への衝突によるエネルギー移動に起因し連続的に発振する「パルステール部」が付随した形態となる。本願発明者らは、このようなQスイッチCO<sub>2</sub>レーザパルスを穴加工に適用すると、このパ

ルステール部が加工に有効に寄与し得ることを例えば特開平 8-309571 号公報などに提示してきた。しかし、この段階では穴深さ  $10 \sim 50 \mu\text{m}$  の穴加工を念頭に置いていたことから、本願の目的のごとく  $50 \mu\text{m}$  以上の深さの穴を加工することは実現できないことが判明した。具体的にはパルス全幅を  $20 \mu\text{sec}$  としてパルスエネルギーを大きくしても、穴深さは飽和してしまい  $50 \mu\text{m}$  以上の深さの穴を形成できないことがわかった。そこで、本願発明者らは、Ni めっきサンプルに対してパルス全幅とパルスエネルギーの組合せを系統的に変更した詳細な実験研究を行った結果、図 4 に示すような結果が得られることを見出した。図 4 (a) はパルス時間全幅を横軸、加工穴の深さを縦軸にとり、パルスエネルギーをパラメータとしてまとめた結果であり、同図 (b) は表面加工穴径を同様な形式で整理した結果である。図を参照すると、表面穴径のパルス幅依存性は少ないが、穴深さのパルス幅依存性は特徴的な傾向を持つことがわかった。具体的にはパルスエネルギーが  $10 \sim 30 \text{mJ}$  程度の低パルスエネルギー条件においては、パルス全幅の増加と共に穴深さは単調的に増加するが、パルス全幅が  $20 \sim 30 \mu\text{sec}$  の条件でピークをとり、穴深さは減少に転ずる（公知範囲）ため、穴深さも  $40 \mu\text{m}$  強を上限として制約される。しかしながら、パルスエネルギーを  $50 \text{mJ}$  以上の条件としてパルス全幅を変更して行くと、上述のピークをとるパルス全幅条件が長パルス側にシフトすることを見出した。この現象を解釈するため、レーザ生成プラズマの分光評価を行った結果、パルス全幅が  $30 \mu\text{sec}$  以下の短い条件でパルスエネルギーを増加させると初期スパイクのタイミングでのプラズマ中の電子密度が大幅に高くなり、この影響でパルスステール部のタイミングで逆制動輻射過程が誘起されパルスステール部のパワーが被加工物に有効に供給できていないことが判明した。一方、パルス幅が  $30 \mu\text{sec}$  以上の長パルス条件でパルスエネルギーを増加させても、パルスステール部に含まれるパルスエネルギーが相対的に増大する結果、初期スパイク部のピーク出力増加の度合いは上述の条件より緩和される。その結果、レーザ生成プラズマ中の自由電子密度の大幅な増加が抑制されるため逆制動輻射の影響も緩和されるので、パルスエネルギーの増加に伴って単調に穴深さが増大する。以上に示した実験結果ならびに分光評価に基づく解釈の結果、本願目的の  $50 \mu\text{m}$  以上の穴加工を達成するためには  $30 \mu\text{sec}$  以上のパルス全幅が必要であることが明らかとなった。次にパルス全幅の上限について説明する。従来技術欄に試算で示したように、本願発明を達成するためには冷却ドラム 1 本当たりで億前後の数の穴加工を達成しなくてはならない。このような加工を現実的な時間内で終了するためには Q スイッチ CO<sub>2</sub> レーザのパルス発振繰り返し周波数を極力早く設定する必要がある。具体例として、1 本の冷却ドラムの加工時間を 4 時間を上限とし、(1) に記載したデ

インプル加工条件の典型値を用いると、要求されるパルス繰り返し周波数は  $6 \text{kHz}$  以上が必要となる。一方、所望の穴加工ピッチとパルス繰り返し周波数が決定されると、穴間の移動速度が決定されるが、パルス全幅があまりに長くなると、パルス発振の時間幅内で被加工物が移動してしまい同一点に集中した加工ができなくなる。この結果、表面穴径が大きくなり穴深さが浅くなるという問題点が発生する。この現象を把握するため、穴加工性能の移動速度依存性を評価した結果、移動速度が  $2 \text{m/sec}$  までの条件でパルス時間幅内の移動量が表面穴径の  $50\%$  以下であれば、顕著な加工性劣化が発生しないことが判明した。ここで、表面穴径は (A) 項において説明したように最大  $200 \mu\text{m}$  であることから  $200 (\mu\text{m}) \times 0.5 / 2 (\text{m/sec}) = 50 \mu\text{sec}$  を得る。したがって、この値がパルス全幅の上限値を与えることとなる。なお、このパルス全幅の変更は回転チョップを用いる Q スイッチ方式においてはスリットの開放時間幅を変更することによって達成される。また、ディンプル加工条件を変更する際に、パルス幅を適宜変更する場合には、異なるスリット幅を有する回転チョップブレードを複数用意してもよいが、図 2 に示すように半径方向でスリット S の開放幅が変化するチョップブレードを用意しておけば 1 枚のブレードで各種のパルス全幅を実現することも可能である。

【0019】次に必要とされるパルスエネルギーの根拠を説明する。図 5 は図 4 (a) のデータの中でパルス全幅  $30 \mu\text{sec}$  の条件のデータを抽出し、パルスエネルギーと穴深さの関係で示したグラフである。図から明らかに、本願発明の目的である穴深さ  $50 \mu\text{m}$  以上を達成するためにはパルスエネルギーとして  $40 \text{mJ}$  以上の値が必要となる。また連続波励起 Q スイッチ CO<sub>2</sub> レーザにおいて、回転チョップ Q スイッチ方式では共振器内部に共焦点テレスコップを構成することから、取り出し得るパルスエネルギーは共焦点位置でのエネルギー密度が雰囲気気体のブレイクダウン閾値以下である必要がある。一般的にこの条件で得られる最大パルスエネルギーは  $150 \text{mJ}$  であることからこの値がエネルギーの上限値を与える。ここで、出力パルスエネルギーは放電励起におけるグロー放電電力量を変化させることで制御可能である。放電励起方式としては一般には直流放電が用いられるが、交流や RF 放電を連続的に印加する方式やその放電にパルス変調をかける方式のいずれであっても良い。

【0020】次に加工に用いるレーザビーム集光径の要件に関して説明する。表面穴加工径は一般にレーザビーム集光径と供給するパルスエネルギーに依存して変化する。例えば図 4 (b) のごとく、一定の集光径の条件下においてパルスエネルギーを変化させると、表面穴径はエネルギーの増加に伴って単調に増加する。これは  $30 \mu\text{sec}$  以上という比較的長いパルス時間においてエネルギーを増加させると伝熱拡散によって集光レーザビーム径に

よって規定された照射領域よりも広い部分が加熱され溶融・蒸発に至るためである。そこで、各種の焦点距離のレンズを用意しレーザービーム集光径を変化させつつパルスエネルギーを変更する実験を行った結果、本願請求項 1 に記載した表面穴径：50～200  $\mu\text{m}$ 、穴深さ：50  $\mu\text{m}$  以上という条件を満たすための集光径の条件として 50～150  $\mu\text{m}$  の範囲とすれば良いことがわかった。集光径の上限が 150  $\mu\text{m}$  と表面穴径の上限の 200  $\mu\text{m}$  より小さい値となっているのは、上述のごとく実際に照射されている部分よりも広い穴径が得られる現象が発生するためである。なお下限値は表面穴径の下限値で決定される。

#### 【0021】

【実施例】図 1 は本発明を適用したレーザー加工装置の構成図である。レーザー発振器 7 は炭酸ガスを発振媒質とした連続放電励起レーザー管の後面に共焦点テレスコープ（テレスコープレンズ 8 と全反射ミラー 9 によって構成）とその共焦点位置に設置された回転チョップ 10 からなる Q スイッチ装置が組み込まれた Q スイッチ CO<sub>2</sub> レーザ装置である。回転チョップの回転数は 8,000 r p m で、チョップブレード上には 45 個のスリットが導入され、パルス全幅は 32  $\mu\text{sec}$ 、パルス繰り返し周波数としては 6 kHz のパルス列が得られる。レーザー発振器 7 から出力されたレーザービーム L はコリメーションミラー（凹面鏡）11 によってビーム発散角が補正され、加工ヘッド 13 に至り、焦点距離 63.5 mm の ZnSe 製集光レンズ 14 によって直径 100  $\mu\text{m}$  に集光され、ドラム 1 に照射される。直径 1,200 mm で若干の凹クラウンが施されている冷却ドラム 1 はドラム回転装置 15 によって 0.4 r p s の一定速度で回転することによって、250  $\mu\text{m}$  ピッチで穴加工がなされる。レーザー加工ヘッド 13 は X 軸方向駆動装置 16 によってドラム軸長方向に平行に速度 100  $\mu\text{m}/\text{sec}$  で移動し軸長方向にも 250  $\mu\text{m}$  ピッチで穴加工がなされる。なお、ドラムには若干の凹クラウンが施されているため、渦電流方式の高さ検出センサー 18 によって加工ヘッドとドラム表面との距離をオンラインで測定し、その測定結果に基づき Z 軸方向駆動装置 17 によって加工ヘッド 13 を駆動して集光レンズ 14 とドラム 1 表面との距離を一定に保つように制御する。

【0022】以上の構成を用いて、表面に Ni-Cu-W をめっきし予めショットブラストにより窪みを設けた冷却ドラム 1 に対してレーザーパルスエネルギーを 90 mJ として加工を行った。その結果、表面穴径 180  $\mu\text{m}$ 、深さ 55  $\mu\text{m}$ 、ディンプル穴ピッチ 250  $\mu\text{m}$  の加工が達成された。表面概観を図 6 に示す。

【0023】本方法によって加工された冷却ドラムを用いて、オーステナイト系ステンレス鋼（SUS304）を図 7 に示す双ドラム式連続鑄造装置により板厚 3 mm の帯状の薄鋳片に鑄造し、鑄造に引続いて熱間圧延し、そ

の後に冷間圧延して板厚 0.5 mm の薄板製品を製造した。鋳片品質に関しては冷間圧延後の薄板製品の目視検査によって行った。その結果、薄鋳片に表面割れの発生はなく、圧延後の薄板製品にも表面疵やむらは発生しなかった。比較例として本発明によるレーザーディンプル加工を施さないドラムを用いて同様な鑄造を行った結果、スカムを巻き込んだ部分に対応して微細割れが発生すると共に薄板製品表面に明瞭なむらが観察された。

#### 【0024】

【発明の効果】本発明によれば、双ドラム式連続鑄造装置等によって製造される薄鋳片の表面割れならびに光沢むらを確実に防止できる冷却ドラムを提供できるので、安定した無欠陥鋳片の製造を実現できる効果を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工装置の構成を表す説明図である。

【図 2】本発明の薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工装置に用いる Q スイッチ CO<sub>2</sub> レーザの一構成要素である回転チョップの形状を模式的に表した説明図である。

【図 3】Q スイッチ CO<sub>2</sub> レーザ発振波形の一例を示した図である。

【図 4】各種パルスエネルギー・パルス全幅の組合せ条件で Q スイッチ CO<sub>2</sub> レーザによって穴加工を行った実験結果を表したグラフであり、(a) パルス全幅と穴深さとの関係、(b) パルス全幅と表面穴径との関係を示すグラフである。

【図 5】図 4 のデータの内、パルス全幅 30  $\mu\text{sec}$  の条件のデータに関してパルスエネルギーと穴深さとの関係を示すグラフである。

【図 6】本発明の薄鋳片連続鑄造機用ドラムのディンプル加工方法を用いて加工を行った表面概観を示す図である。

【図 7】双ドラム式連続鑄造装置の側面図である。

#### 【符号の説明】

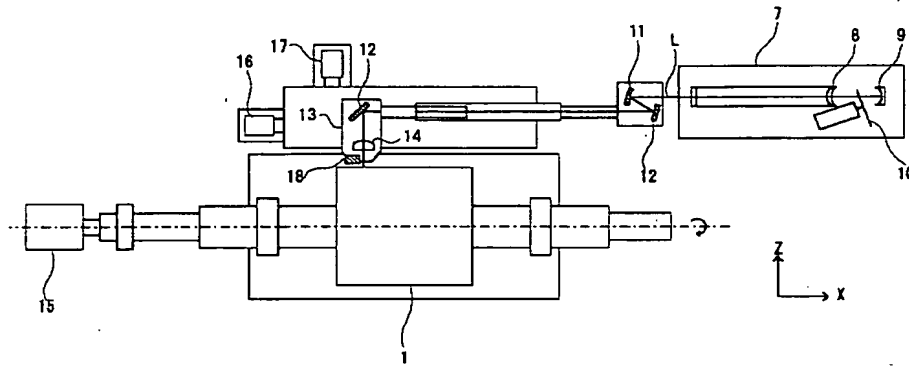
- |       |            |
|-------|------------|
| 1, 1' | 冷却ドラム      |
| 2     | サイド堰       |
| 3     | 湯溜まり部      |
| 4     | シールチャンバー   |
| 5     | タンディッシュ    |
| 6     | キッシングポイント  |
| 7     | レーザー発振器    |
| 8     | テレスコープレンズ  |
| 9     | 全反射ミラー     |
| 10    | 回転チョップ     |
| 11    | コリメーションミラー |
| 12    | 平面全反射ミラー   |
| 13    | 加工ヘッド      |
| 14    | 集光レンズ      |
| 15    | ドラム回転装置    |



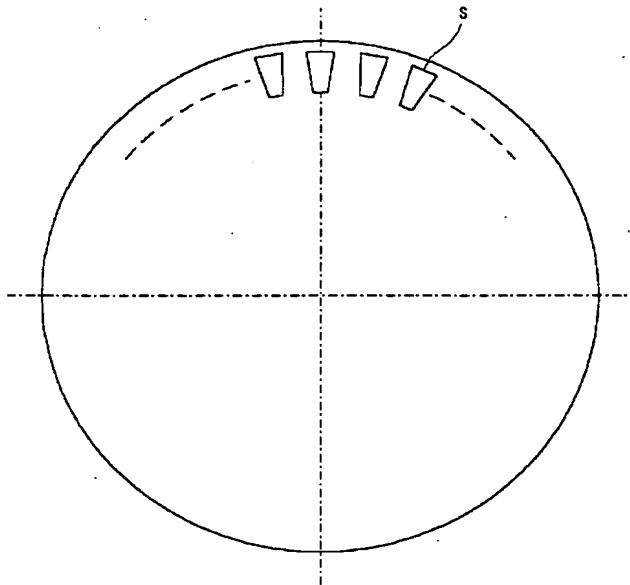
- 16 X軸方向駆動装置  
 17 Z軸方向駆動装置  
 18 高さ検出センサー

- \* C 薄鉄片  
 S スリット  
 \* L レーザビーム

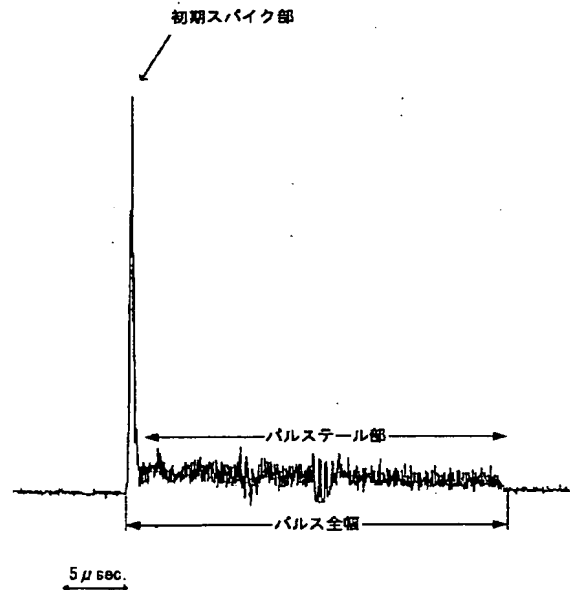
【図1】



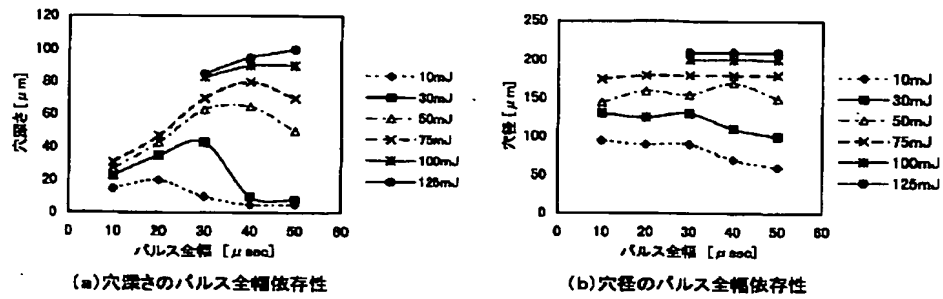
【図2】



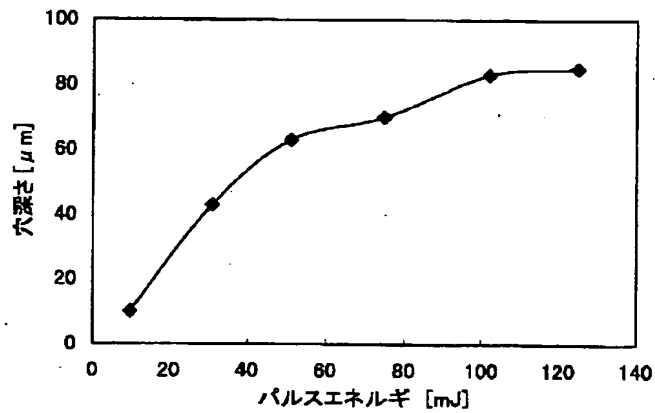
【図3】



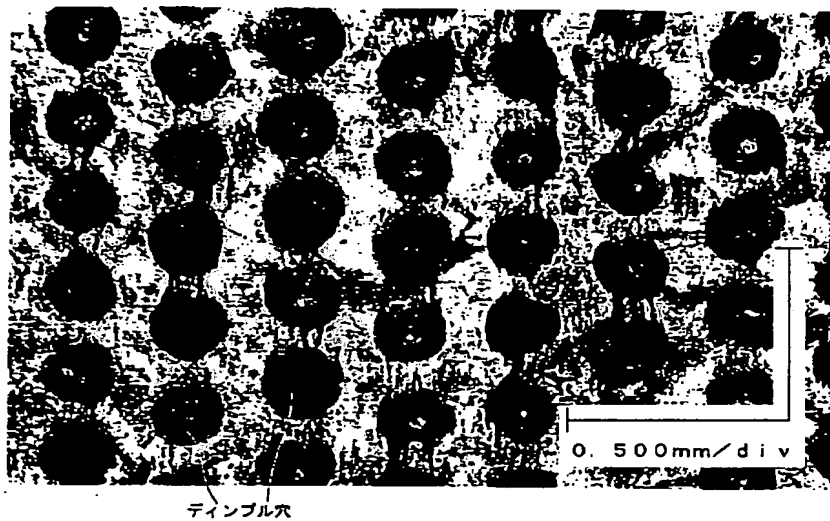
【図4】



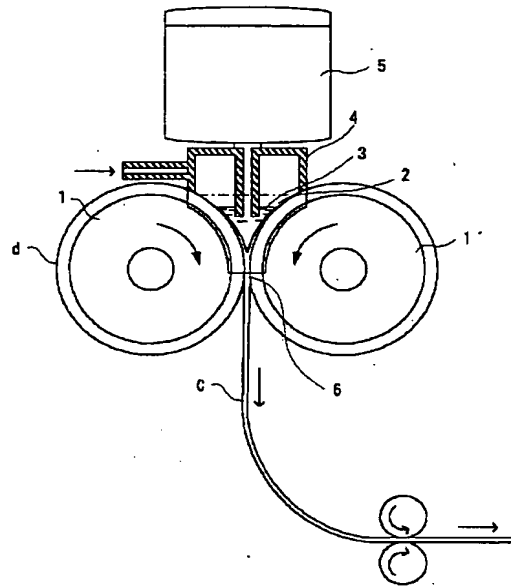
【図5】



【図6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 山村 英明  
 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
 会社技術開発本部内  
 (72)発明者 来栖 泰  
 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
 会社技術開発本部内

(72)発明者 丸木 保雄  
 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
 会社技術開発本部内  
 Fターム(参考) 4E004 DA13 DB16 QA01 QA03 QA20  
 4E068 AG01 CA02 CA03 CA07

\* NOTICES \*

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines for supplying a molten metal to the slag trap formed in the upper part of the gap of the cooling drum of a pair which rotates to an opposite direction mutually continuously, and carrying out continuous casting of the thin cast piece to it A Q switch CO<sub>2</sub> laser pulse is irradiated at this drum surface. A diameter 50-200 micrometers, In case it forms so that a pitch may be set to 100-500 micrometers under the conditions which between holes does not touch [ the depth ] in a minute hole 50 micrometers or more The dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines which the pulse energy of a Q switch CO<sub>2</sub> laser pulse is 40 - 150mJ, and a time amount full is 30-50microsec, and is characterized by setting a laser beam condensing diameter to 50-150 micrometers.

[Claim 2] The dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines that a diameter is characterized by forming the hollow of the conditions which have a lap mutually [ 200-3000 micrometers and the depth ] in contact with [ in 80-250 micrometers ] the drum front face before performing laser beam machining in the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines according to claim 1.

[Claim 3] The dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines characterized by being the curved surface where the drum front face before performing laser beam machining is smooth in the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines according to claim 1.

[Claim 4] The dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines which is a drum on which this drum galvanized either or these combination of nickel, nickel-Co, nickel-Co-W, nickel-Fe, nickel-W, Co, nickel-aluminum, and Cr on the drum front face in the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines according to claim 2 or 3, and is characterized by performing this plating before laser dimple processing or after laser dimple processing.

[Claim 5] The drum slewing gear made to rotate the drum for thin cast piece continuous casting machines with the constant speed which was able to be defined beforehand, The Q switch CO<sub>2</sub> laser oscillator with which 50 - 150mJ and a time amount full output [ pulse energy ] the pulse of 30-50microsec with the pulse repetition frequency of 6kHz or more, The light-scanning equipment which scans the laser beam outputted from this oscillator in this drum revolving-shaft length direction, The beam condensing unit for carrying out convergent radiotherapy of the laser beam condensing diameter to 50-150 micrometers, It has copying-control equipment which measures drum crown on-line and controls uniformly the gap of said beam condensing unit and drum front face based on the signal. Dimple processing equipment of the drum for thin cast piece continuous casting machines characterized by this thing for which it continues all over a drum and the hole of a fixed diameter and the depth is processed at fixed spacing.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the equipment for attaining the approach and it which perform dimple processing to the cooling drum of the congruence drum type continuous casting machine in which a thin cast piece is directly cast from the molten metal of plain steel, stainless steel, alloy steel, silicon steel, and other metals.

[0002]

[Description of the Prior Art] By continuous casting, equivalent [ to a hot strip ] or for example, congruence drum type continuous casting equipment is known as equipment which manufactures the cast piece of the thickness near it. this -- equipment -- drawing 7 -- being shown -- as -- a shaft -- level -- carrying out -- mutual -- approaching -- concurrency -- installing -- having -- and -- mutual -- hard flow -- rotating -- a pair -- cooling -- a drum -- one -- one -- ' -- cooling -- a drum -- one -- one -- ' -- both ends -- a field -- being stuck by pressure -- having had -- a side -- a weir -- two -- being main -- a configuration -- a member -- \*\* -- carrying out -- \*\*\*\* .

[0003] A seal chamber 4 is formed above the slag trap 3 formed in the cooling drum 1, and 1' and the side weir 2, and inert gas is supplied in a seal chamber 4. By supplying a molten metal to a slag trap 3 continuously from tundish 5, a molten metal forms coagulation shell in the contact section with the cooling drum 1, and coagulation shell is stuck by pressure on the kissing point 6 with rotation of the cooling drum 1 and 1', and serves as the thin cast piece C.

[0004] There is a problem that the front face is remarkably influenced of the formation condition of coagulation shell, and a surface check and uneven brightness generate it with the ununiformity of the coagulation shell thickness by quenching etc. since the thin cast piece C has board thickness as thin as about 1-7mm. In order to prevent generating of a surface check, the technique of establishing many hollows in nickel plating part of a cooling drum peripheral surface by shot blasting, photograph dirty, laser beam machining, etc. is indicated by JP,60-184449,A. Perform slow cooling of a molten metal by forming the gas gap used as a thermal break between a cooling drum and coagulation shell by this hollow, and make a molten metal enter a hollow moderately, a convex imprint is made to form in a cast piece front face, and equalization of coagulation shell thickness is attained by making coagulation start from the periphery of a convex imprint. The oxide (Society for Cutting Up Men) which floats on the front face of the molten metal (molten metal) poured into the basin section however, with rotation of a cooling drum It is drawn along with the molten metal flowing in, it adheres to the front face of the coagulation shell of a cast piece, and may be cast, consequently the coagulation ununiformity arose between the Society for Cutting Up Men inflow section of a thin cast piece, and an area free from defect, the crack occurred, and there was a trouble that the quality of a cast piece was spoiled.

[0005] Since it corresponds to such a trouble, the cooling drum structure of preventing a product surface check by the hollow of a small path, and preventing uneven brightness by the hollow of a large path is shown by introducing into a publication-number No. 238651 [ four to ] official report, and JP,6-328204,A combining the hollow of two kinds of magnitude. However, it

became clear that it is difficult to make coincidence satisfied with the combined condition of the hollow currently indicated of two sorts of above-mentioned functions as a result of the experiment research by the invention-in-this-application person.

[0006] Next, as an approach of using laser for dimple processing of the drum for thin cast piece continuous casting machines, the approach the path of 500 micrometers or less, a depth of 50 micrometers or more, and a hole pitch form a 5 or less times [ of a bore diameter ] hole 1.05 or more times using a pulse laser with a wavelength of 0.30-1.07 micrometers is indicated in the patent No. 2032085 official report. Reference of the example in this indicates the example whose hole pitch is 200-250 micrometers using four YAG lasers with a pulse repetition frequency of 500Hz. When the configurations of a cooling drum are temporarily assumed to be 1m diameter and 1m piece here and a hole is introduced in 200-micrometer pitch, about 80 million hole processing will be carried out on the whole. Although the flash lamp which generally carries out pulse luminescence is used for excitation of the YAG laser for performing such processing, the life is 1 million to 10 million pulse. Therefore, even if it processes it using four sets of YAG lasers, it must become impossible to process the whole surface among lamp lives, it must suspend end processing on the way, and must perform lamp replacement. In this case, since the discontinuous nature of processing was discovered in a halt part, when it cast using such a cooling drum, there was a trouble that a crack occurred in this discontinuous part. Although the above troubles are solvable by this method if the number of laser is increased from four sets to ten sets, there is a trouble of processing equipment becoming large-scale and complicating.

[0007] In order to cope with a trouble as shown above, generally, as the processing approach using a Q switch CO2 laser, the dull processing approach of a cold-rolled roll is indicated by the patent No. 3027695 official report, and the processing approach of a copper alloy is indicated by the publication-number No. 309571 [ eight to ] official report. Although the method of realizing hole processing is indicated using the Q switch CO2 laser pulse to which a pulse full has the initial spike and pulse tail to 30microsec in these, each hole depth is invented considering about 40 micrometers as an upper limit. On the other hand, since the hole with a depth of 50 micrometers or more needed to be formed as requirements for preventing a surface check and uneven brightness in this application, from well-known contents, there was a trouble that hole processing which agreed aimed at obtaining this application was unrealizable.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The place made into the technical problem of this invention is to realize the technique in which of the cooling drum in which it continues at a long period of time , and the thin cast piece which controlled to coincidence generating of the surface check and the uneven brightness which are the two major defects of the sheet metal product which is a trouble in the above-mentioned conventional technique may be cast to stability can be offered , and offers the laser dimple processing approach and the equipment of the drum for thin cast piece continuous casting machines for it .

[0009]

[Means for Solving the Problem] Said technical problem is solved by invention of the following (1) - (5).

[0010] (1) In the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines for supplying a molten metal to the slag trap formed in the upper part of the gap of the cooling drum of a pair which rotates to . each other in an opposite direction continuously, and carrying out continuous casting of the thin cast piece to it A Q switch CO2 laser pulse is irradiated at this drum surface. A diameter 50-200 micrometers, In case it forms so that a pitch may be set to 100-500 micrometers under the conditions which between holes does not touch [ the depth ] in a minute hole 50 micrometers or more The dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines which the pulse energy of a Q switch CO2 laser pulse is 40 - 150mJ, and a time amount full is 30-50microsec, and is characterized by setting a laser beam condensing diameter to 50-150 micrometers.

[0011] (2) The dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines that a diameter is characterized by forming the hollow of the conditions which have a lap mutually [ 200-3000 micrometers and the depth ] in contact with [ in 80-250 micrometers ]

the drum front face before performing laser beam machining in the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines given in (1) term.

[0012] (3) The dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines characterized by being the curved surface where the drum front face before performing laser beam machining is smooth in the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines given in (1) term.

[0013] (4) The dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous-casting machines which is a drum on which this drum galvanized either or these combination of nickel, nickel-Co, nickel-Co-W, nickel-Fe, nickel-W, Co, nickel-aluminum, and Cr on the drum front face in the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines (2) or given in (3) terms, and is characterized by to perform this plating before laser dimple processing or after laser dimple processing.

[0014] (5) The drum slewing gear made to rotate the drum for thin cast piece continuous casting machines with the constant speed which was able to be defined beforehand, The Q switch CO2 laser oscillator with which 50 - 150mJ and a time amount full output [ pulse energy ] the pulse of 30-50microsec with the pulse repetition frequency of 6kHz or more, The light-scanning equipment which scans the laser beam outputted from this oscillator in this drum revolving-shaft length direction, The beam condensing unit for carrying out convergent radiotherapy of the laser beam condensing diameter to 50-150 micrometers, It has copying-control equipment which measures drum crown on-line and controls uniformly the gap of said beam condensing unit and drum front face based on the signal. Dimple processing equipment of the drum for thin cast piece continuous casting machines characterized by this thing for which it continues all over a drum and the hole of a fixed diameter and the depth is processed at fixed spacing.

[0015]

[Embodiment of the Invention] (A) Explain the requirement for a configuration and its reason for a convention of basis \*\*\*\* of the shape of cooling drum surface type, and the quality of the material, and a dimple processing hole to a detail. As generally described in the Prior-art term, an oxide (Society for Cutting Up Men) is drawn with rotation of a cooling drum along with the molten metal flowing in, when it adheres to the front face of the coagulation shell of a cast piece and is cast, a coagulation ununiformity may arise between the Society for Cutting Up Men inflow section of a thin cast piece, and an area free from defect, and a crack and unevenness may occur in it. Then, as a result of invention-in-this-application persons' carrying out experiment research covering a detail, it became clear by introducing a dimple processing hole on specific conditions that a coagulation ununiformity did not occur in the part where Society for Cutting Up Men flowed. The coagulation ununiformity which generates invention-in-this-application persons when Society for Cutting Up Men flows between a molten metal and a cooling drum found out originating in existence of the air space which it is involved in at the time of an inflow and is generated rather than the difference in the thermal conductivity of Society for Cutting Up Men. In this case, if the dimple processing hole of extent where neither a molten metal nor Society for Cutting Up Men flows in with surface tension exists in a front face, said air will be collected by the amount of this hole, and formation of an air space will not generate it. Therefore, even if Society for Cutting Up Men flows, generating of a coagulation ununiformity will be controlled. Since it becomes possible to specify the coagulation origination of nucleus at fine spacing when a dimple processing hole furthermore exists, generating of a crack and unevenness can be controlled certainly. To be 200 micrometers or less as requirements for the dimple processing hole for attaining such a function as a upper limit of a hole diameter for neither a molten metal nor Society for Cutting Up Men to flow in probably is demanded. When air is furthermore involved in, the minimum value of a hole diameter is specified as requirements for putting together in a dimple processing hole effectively, and this is 50 micrometers. Both minute hole spacing still needs to be the conditions which not both holes touch in order to collect air effectively, and in order to specify coagulation karyogenesis certainly, it is required that the center-to-center pitch between holes should be 100-500 micrometers. Moreover, in order to demonstrate the intensive function of air effectively and to specify coagulation karyogenesis clearly, 50 micrometers or

more are required as the depth.

[0016] If the dimple processing hole shown above is introduced into homogeneity over the whole surface at cooling drum lifting, since generating of a crack and unevenness can be controlled effectively, the drum front face before dimple processing is good in respect of being smooth. On the other hand, the homogeneity of such processing may be spoiled by some external fluctuation factors (for example, scan speed fluctuation at the time of laser beam machining etc.). In such a case, in advance of installation of the dimple processing hole shown above, it became clear that it is effective to prepare the hollow of specific conditions. Below, the introductory requirements for this hollow are explained to a detail. The irregularity (hollow) of the long period of 1mm order is first continued and introduced into a drum front face by the shot-blasting method etc. on the whole surface. If a molten metal is cast using the cooling drum which attached such a hollow, a molten metal contacts hollow heights first, generation of a coagulation nucleus takes place, a gas gap will generate between cast piece front faces, and generation of a coagulation nucleus will be overdue in a hollow crevice. Solidification shrinkage stress is distributed and eased by the coagulation origination of nucleus in hollow heights, and generating of a crack is controlled. In order to attain such a purpose, hollow heights need to be specified clearly and, for this reason, it is necessary to form a hollow on the conditions which touch mutually or have a lap. When this is formed on the conditions which a hollow does not touch, it is because the work as the above-mentioned hollow heights with the same part with a smooth front face from the first is performed and it becomes impossible to specify the coagulation origination of nucleus clearly. A hollow diameter needs to be prescribed by relation with crack generating resulting from the solidification shrinkage stress generated in connection with the coagulation delay in a hollow crevice, and needs to be 3000 micrometers or less. Moreover, this lower limit is prescribed by relation with the diameter of the above-mentioned dimple processing hole, and is set to 200 micrometers from the requirements which are more than dimple processing bore diameters. In order for the hollow depth to make the above-mentioned gas gap generate, the value of 80 micrometers or more is required. Moreover, since the thickness of the gas gap of a crevice will increase, generation of the coagulation shell of a crevice will be large, the ununiformity of the thickness between delay and the coagulation shell of heights will be expanded and a crack will occur if the depth is too large, it is necessary to be 250 micrometers or less. By superimposing the hollow shown in the above explanation on a dimple processing hole, and forming it, generating of a crack and unevenness can control more certainly according to the effectiveness of this hollow also in the part which heterogeneity generated in the spatial distribution of a dimple processing hole.

[0017] Next, the basis about the requirements for the quality of the material of a cooling drum front face is explained to a detail. If a cooling drum rotates in casting of a thin cast piece, since it is exposed to a gas ambient atmosphere after passing a hearth, a drum front face will form an oxide in a front face while receiving the heat cycle of a fixed period. Since such an oxide layer serves as cooling resistance at the time of cooling, it must be certainly removed by technique, such as brushing, in a gas ambient atmosphere. Therefore, while it is strong to thermal fatigue as the surface quality of the material, the quality of the material excellent in abrasion resistance is required. As a parameter for realizing such a property, surface hardness is selectable as central value, and Vickers hardness serves as a value or more of 200 in this case. As the quality of the material with which this requirement is filled, nickel, nickel-Co, nickel-Co-W, nickel-Fe, nickel-W, Co, nickel-aluminum, or Cr is chosen. In addition, since it is necessary to excel in cooling ability as a cooling drum, the copper or the copper alloy which was excellent in thermal conductivity as a drum base material is used. Therefore, the above-mentioned quality of the material is covered with plating from bonding strength with a base material, or a strong viewpoint. Moreover, it is also considered that plating carries out the composite plating of a monolayer or two or more sorts. Furthermore, the timing of plating can consider the case where it carries out before laser dimple processing, and the case where thin film plating is performed after laser dimple processing, and chooses them from the balance of laser workability and surface abrasion resistance suitably.

[0018] (B) Explain to a detail the basis of the requirements for the laser pulse for forming the dimple processing hole explained in full detail by the above-mentioned (1) term below in the



basis of the requirements for a laser pulse which realize the laser dimple processing approach. Drawing 3 shows the typical time amount wave of the CO<sub>2</sub> laser pulse taken out by the rotation chopper Q switch technique. In the CO<sub>2</sub> laser, in order to improve oscillation effectiveness, N<sub>2</sub> with the energy level of upper level comparatively near it of CO<sub>2</sub> among molecular vibration level is added to the laser medium. If a rotation chopper etc. is made to perform Q switch actuation in order to operate as a storage-of-energy medium at the time of this existence of N<sub>2</sub> being discharge excitation, in addition to the "initial spike part" equivalent to the giant pulse in solid state laser, it will become the gestalt which the "pulse tail part" which originates in the energy transference by the collision from N dyad to CO dyad, and is oscillated in continuous wave accompanied. Invention-in-this-application persons will have shown JP,8-309571,A etc. that this pulse tail part can contribute effective in processing, if such a Q switch CO<sub>2</sub> laser pulse is applied to hole processing. However, in this phase, since hole processing with a hole depth of 10-50 micrometers was borne in mind, it became clear like the purpose of this application that it was unrealizable to process a hole with a depth of 50 micrometers or more. Even if it specifically enlarged pulse energy by setting a pulse full to 20microsec, it turned out that the hole depth is saturated and a hole with a depth of 50 micrometers or more cannot be formed. Then, invention-in-this-application persons found out that a result as shown in drawing 4 was obtained, as a result of doing detailed experiment research which changed a pulse full and the combination of pulse energy systematically to nickel plating sample. Drawing 4 (a) is the result of packing [ a pulse period full ] pulse energy for the depth of an axis of abscissa and a processing hole as a parameter for an axis of ordinate, and this drawing (b) is the result of arranging a surface treatment bore diameter in the same format. Although there were few pulse width dependencies of a surface bore diameter when drawing was referred to, it turned out that the pulse width dependency of the hole depth has a characteristic inclination. Although pulse energy specifically increases the hole depth in monotone with the increment in a pulse full in the low pulse energy conditions which are 10 - 30mJ extent, a pulse full takes a peak on condition that 20-30microsec, and in order to change the hole depth to reduction (well-known range), the hole depth is also restrained considering a little more than 40 micrometers as an upper limit. However, when it changed and went a pulse full considering pulse energy as conditions for 50 or more mJs, it found out that the pulse full conditions of taking an above-mentioned peak shifted to a long pulse side. in order to interpret this phenomenon -- the spectrum of the laser generation plasma -- as a result of evaluating, it became clear that the electron density in the plasma in the timing of an initial spike will become high sharply if a pulse full makes pulse energy increase on the short conditions below 30microsec, induction of the reverse braking radiation process was carried out to the timing of a pulse tail part by this effect, and the power of a pulse tail part could not supply effective in a workpiece. Even if pulse width makes pulse energy increase on the long pulse conditions more than 30microsec, as a result of the pulse energy contained in a pulse tail part increasing relatively on the other hand, the degree of the increment in peaking capacity of the initial spike section is eased from above-mentioned conditions. Consequently, since the steep increment in the free electron consistency in the laser generation plasma is controlled and the effect of reverse braking radiation is also eased, the hole depth increases in monotone with the increment in pulse energy. the experimental result shown above and a spectrum -- it became clear that the pulse full more than 30microsec is required in order to attain hole processing of this application purpose of 50 micrometers or more as a result of the interpretation based on evaluation. Next, a pulse full upper limit is explained. As trial calculation showed, in order to attain the invention in this application in the conventional technical column, hole processing of the number before and behind 100 million must be attained per cooling drum. In order to end such processing within realistic time amount, it is necessary to set up the pulse oscillation repeat frequency of a Q switch CO<sub>2</sub> laser early as much as possible. When the type value of the dimple processing conditions of having made 4 hours into the upper limit and having indicated the floor to floor time of one cooling drum to (1) as an example is used, as for the pulse repetition frequency demanded, 6kHz or more is needed. On the other hand, if a desired hole processing pitch and pulse repetition frequency are determined, the passing speed between holes will be determined, but when a pulse full becomes too much long, processing which the

workpiece moved within the time amount width of face of a pulse oscillation, and was concentrated on the same point becomes impossible. Consequently, the trouble said that a surface bore diameter becomes large and the hole depth becomes shallow occurs. When passing speed was [ the movement magnitude within pulse period width of face ] 50% or less of a surface bore diameter on the conditions to 2 m/sec as a result of evaluating the passing speed dependency of hole workability ability in order to grasp this phenomenon, it became clear that remarkable workability degradation did not occur. From a surface bore diameter being a maximum of 200 micrometers here, as explained in the (A) term  $200(\text{micrometer}) \times 0.5/2(\text{m/sec}) = 50\text{microsec}$  is obtained. Therefore, this value will give a pulse full upper limit. In addition, modification pulse full [ this ] is attained by changing the released-time width of face of a slit in the Q switch method which uses a rotation chopper. Moreover, in case dimple processing conditions are changed, when changing pulse width suitably, two or more rotation chopper blades which have different slit width may be prepared, but if the chopper blade from which the open width of face of Slit S changes by radial is prepared as shown in drawing 2, it is also possible to realize various kinds of pulse full with the blade of one sheet.

[0019] Next, the basis of the pulse energy needed is explained. Drawing 5 is the graph which extracted the data of conditions with a pulse full [ sec ] of 30micro among the data of drawing 4 (a), and was shown with the relation between pulse energy and the hole depth. In order to attain a hole depth of 50 micrometers or more which is the purpose of the invention in this application so that clearly from drawing, the value of 40 or more mJ is needed as pulse energy. Moreover, in a continuous wave excitation Q switch CO2 laser, the energy density in a confocal location of the pulse energy which can be taken out from constituting a confocal telescope from a rotation chopper Q switch method inside a resonator needs to be below the breakdown threshold of an ambient atmosphere gas. Since the maximum pulse energies generally obtained on this condition are 150mJ(s), this value gives the upper limit of energy. It is controllable because output pulse energy changes the glow discharge electric energy in discharge excitation here. Although direct current discharge is generally used as a discharge excitation method, you may be any of the method which impresses an alternating current and RF discharge continuously, or the method which applies pulse modulation to the discharge.

[0020] Next, the requirements for the diameter of laser beam condensing used for processing are explained. The diameter of surface hole processing changes depending on the pulse energy generally supplied with the diameter of laser beam condensing. For example, if pulse energy is changed to the bottom of the condition of the diameter of condensing fixed like drawing 4 (b), a surface bore diameter will increase in monotone with the increment in energy. When this makes energy increase in the comparatively long pulse period more than of 30microsec, it is for heating a part larger than the exposure field specified by the diameter of a condensing laser beam, and resulting in melting and evaporation by heat transfer diffusion. Then, surface bore-diameter:50-200micrometer, the hole depth which were indicated to this application claim 1 as a result of conducting the experiment which changes pulse energy, preparing the lens of various kinds of focal distances, and changing the diameter of laser-beam condensing: It turned out [ the range of 50-150 micrometers, then ] as conditions for the diameter of condensing for fulfilling the conditions of 50 micrometers or more that it is good. The upper limit of the diameter of condensing serves as 150 micrometers and a value of the upper limit of a surface bore diameter smaller than 200 micrometers like \*\*\*\* for the phenomenon in which a bore diameter larger than the part actually irradiated is obtained occurring. In addition, a lower limit is determined by the lower limit of a surface bore diameter.

[0021]

[Example] Drawing 1 is the block diagram of the laser-beam-machining equipment which applied this invention. The laser oscillation machine 7 is Q switch CO2 laser equipment with which the Q switch equipment which consists of a rotation chopper 10 installed in a confocal telescope (the telescope lens 8 and a total reflection mirror 9 constitute) and its confocal location was built into the rear face of continuous discharge excitation laser tubing which used carbon dioxide gas as the oscillation medium. The number of rotations of a rotation chopper is 8,000rpm, 45 slits are introduced on a chopper blade and, as for a pulse full, a 6kHz pulse train is acquired as

32microsec and pulse repetition frequency. A beam angle of divergence is amended by the collimation mirror (concave mirror) 11, and the laser beam L outputted from the laser oscillation machine 7 results in the processing head 13, and with the condenser lens 14 made from ZnSe with a focal distance of 63.5mm, it is condensed by the diameter of 100 micrometers and it is irradiated by the drum 1. When the cooling drum 1 on which some concave crown is given for the diameter of 1,200mm rotates with the constant speed of 0.4rps with the drum slewing gear 15, hole processing is made in 250-micrometer pitch. The laser-beam-machining head 13 moves by rate 100 micrometer/sec in parallel with the direction of drum axial length with X shaft-orientations driving gear 16, and hole processing is made in 250-micrometer pitch also in the direction of axial length. In addition, since some concave crown is given to the drum, it imitates in the height of an eddy current method, the distance on a processing head and the front face of a drum is measured on-line by the sensor 18, and it controls to drive the processing head 13 and to keep constant the distance of a condenser lens 14 and drum 1 front face with Z shaft-orientations driving gear 17, based on the measurement result.

[0022] It was processed by setting laser pulse energy to 90mJ(s) to the cooling drum 1 which galvanized nickel-Co-W on the front face, and established the hollow in it with shot blasting beforehand using the above configuration. Consequently, processing of surface bore-diameter [ of 180 micrometers ], depth [ of 55 micrometers ], and dimple hole pitch 250micrometer was attained. A surface general view is shown in drawing 6 .

[0023] The congruence drum type continuous casting equipment which shows austenitic stainless steel (SUS304) to drawing 7 cast using the cooling drum processed by this approach to the band-like thin cast piece of 3mm of board thickness, and it hot-rolled succeeding to casting, it cold-rolled after that, and the sheet metal product of 0.5mm of board thickness was manufactured. About cast piece quality, the visual inspection of the sheet metal product after cold rolling performed. Consequently, there is no generating of a surface check in a thin cast piece, and neither a surface crack nor unevenness was generated also for the sheet metal product after rolling. As a result of performing same casting using the drum which does not perform laser dimple processing by this invention as an example of a comparison, while the detailed crack occurred corresponding to the part which involved in Society for Cutting Up Men, unevenness clear on a sheet metal product front face was observed.

[0024]

[Effect of the Invention] Since the cooling drum which can prevent certainly the surface check and uneven brightness of a thin cast piece which are manufactured by congruence drum type continuous casting equipment etc. can be offered according to this invention, it has the effectiveness that manufacture of the stable defect-free cast piece is realizable.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is an explanatory view showing the configuration of the dimple processing equipment of the drum for thin cast piece continuous casting machines by this invention.

[Drawing 2] It is the explanatory view which expressed typically the configuration of the rotation chopper which is one component of a Q switch CO2 laser used for the dimple processing equipment of the drum for thin cast piece continuous casting machines of this invention.

[Drawing 3] It is drawing having shown an example of a Q switch CO2 laser oscillation wave.

[Drawing 4] It is the graph which expressed with the combined condition pulse energy pulse full [ various ] the experimental result which performed hole processing by the Q switch CO2 laser, and is the graph which shows the relation between (a) pulse full and the hole depth, and the relation between (b) pulse full and a surface bore diameter.

[Drawing 5] It is the graph which shows the relation between pulse energy and the hole depth about the data of conditions with a pulse full [ sec ] of 30micro among the data of drawing 4 .

[Drawing 6] It is drawing showing a surface general view which processed it using the dimple processing approach of the drum for thin cast piece continuous casting machines of this invention.

[Drawing 7] It is the side elevation of congruence drum type continuous casting equipment.

[Description of Notations]

- 1 1' Cooling drum
  - 2 Side Weir
  - 3 Slag Trap
  - 4 Seal Chamber
  - 5 Tundish
  - 6 Kissing Point
  - 7 Laser Oscillation Machine
  - 8 Telescope Lens
  - 9 Total Reflection Mirror
  - 10 Rotation Chopper
  - 11 Collimation Mirror
  - 12 Flat-Surface Total Reflection Mirror
  - 13 Processing Head
  - 14 Condenser Lens
  - 15 Drum Slewing Gear
  - 16 X Shaft-Orientations Driving Gear
  - 17 Z Shaft-Orientations Driving Gear
  - 18 Imitate in Height and it is Sensor.
  - C Thin cast piece
  - S Slit
  - L Laser beam
-